

Comparison of Path Loss Models for Vehicular Communications in TV White Spaces

Tomás Lara*
tomas.lara@ing.uchile.cl

Adriana Arteaga*
aarteaga@ing.uchile.cl

Sandra Céspedes*†
scspedes@ing.uchile.cl

*Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Chile, Chile.

†NIC Chile Research Labs, Chile.

Abstract

This work presents the main observations obtained from the study of several path loss models in the context of vehicular communications that employ frequency bands of TV White Spaces. We have simulated vehicular communications in different urban and suburban scenarios in order to compare the magnitude of the losses exhibited by the following models: Okumura-Hata, COST-Walfisch-Ikegami, Xia-Bertoni, WINNER+, and ITM (Longley-Rice), for both V2I and V2V interactions. Results show important differences between these models and demonstrate the need for a standard model for vehicular communications employing TV frequency bands.

1 Introducción

Los escenarios de comunicación entre vehículos (V2V) y entre vehículos y elementos de infraestructura (V2I) corresponden a un eje fundamental en el desarrollo de los Sistemas de Transporte Inteligente (ITS), con aplicaciones que van desde la difusión de mensajes de alerta, al entretenimiento [Kar11]. Actualmente, los cuerpos reguladores de distintos países han establecido rangos de frecuencias a utilizar en este tipo de interacciones, como la tecnología DSRC (Dedicated Short Range Communication) en la banda de 5.9 GHz, con alcances de hasta 300 metros para comunicación V2V y hasta un kilómetro en V2I.

La masificación de este tipo de comunicación, con el consiguiente aumento en el tráfico de datos y el tráfico vehicular, podría generar un aumento del nivel de retardos, especialmente en escenarios urbanos y suburbanos, donde se produce un mayor nivel de congestión

This work has been partially funded by project ERANET-LAC ELAC2015/T10-0761

Copyright © by the paper's authors. Copying permitted for private and academic purposes.

In Proceedings of the IV School of Systems and Networks (SSN2018), Valdivia, Chile, October 29-31, 2018. Published at <http://ceur-ws.org>

vehicular. Este aumento puede no ser tolerable en ciertas aplicaciones críticas de seguridad vial como la difusión de mensajes de advertencia o alertas, lo que lleva a pensar en medidas para mitigar estos problemas y garantizar la fiabilidad de las comunicaciones.

Una alternativa que permite disminuir la saturación de las bandas de frecuencias establecidas para comunicaciones vehiculares corresponde al uso de Acceso Dinámico de Espectro (DSA) con el objetivo de ocupar otras bandas de frecuencia de manera oportunista [Alt11][Che15]. En este sentido, las frecuencias utilizadas en la transmisión de televisión son de especial interés, tanto por ser bandas de mayor longitud de onda, como por su disponibilidad, puesto que la transición desde la televisión analógica a digital liberó espectro en esta zona, además de que su ocupación varía con la geografía, lo que genera espacios de frecuencia no utilizados, conocidos como *TV White Spaces* (TVWS). El uso oportunista de estas frecuencias ha sido permitido progresivamente por distintos países, donde una de las principales restricciones corresponde a evitar la interferencia con los usuarios titulares, también denominados usuarios primarios [Che15].

Con el fin de aprovechar estas frecuencias de manera oportunista, es importante estudiar su potencial dadas las condiciones existentes en comunicaciones V2V y V2I, tales como antenas de baja altura instaladas en vehículos (aprox. 1.5 metros de altura), además de elementos de infraestructura que puedan estar instalados a alturas considerablemente más bajas que las antenas típicas de televisión, como es el caso de antenas ubicadas en postes de alumbrado público, semáforos, entre otros.

Con el objetivo de determinar las condiciones de propagación en estas frecuencias, así como para cumplir la restricción de no interferir con los usuarios primarios, es importante estimar el nivel de señal en su recorrido, para lo que se utilizan modelos de pérdidas de propagación (*path loss*) [Phi13]. Existen variados modelos de propagación útiles en bandas de televisión, donde cada uno posee diferentes restricciones para ser utilizado (frecuencia, altura de antenas, etc.), sin embargo, no existe un consenso acerca de su utilidad para modelar comunicaciones vehiculares, por lo que este trabajo busca comparar algunos de estos modelos con

el fin de evaluar su utilidad en estos tipos de comunicación.

El presente documento se organiza de la siguiente manera: en la sección 2, se realiza una descripción general de los modelos estudiados. Posteriormente la sección 3 presenta una comparación de estos en diferentes escenarios vehiculares. Finalmente, la sección 4 presenta las conclusiones principales de este estudio preliminar.

2 Descripción General de Modelos de Propagación

Las frecuencias habilitadas para Acceso Dinámico de Espectro en la banda de TVWS se concentran, en la mayoría de los países con regulación al respecto, en el rango entre los 450 MHz y los 790 MHz. Sumado a lo anterior, se espera que las zonas donde sea posible obtener el máximo provecho al uso de este espectro correspondan a zonas urbanas y suburbanas dado el alto tráfico vehicular existente.

A continuación, se realiza una revisión de los modelos de pérdidas de propagación que cumplan con las condiciones de aplicabilidad mencionadas.

2.1 Okumura-Hata

Modelo empírico formulado por Hata [Hat80], basado en las mediciones realizadas por Okumura en y alrededor de la ciudad de Tokio. Este posee una gran difusión, tanto por su capacidad de predicción, como por la simplicidad de sus parámetros. El modelo puede ser utilizado en un rango de frecuencias desde los 100 MHz a los 1500 MHz, con una distancia máxima de 20 kilómetros entre terminales. Sobre la altura de las antenas, para las estaciones móviles permite alturas de 1 a 10 metros. En el caso de la estación base, se presenta una restricción importante, permitiendo un mínimo de 30 metros. Dada esta última restricción el modelo es de interés en escenarios V2I.

2.2 Xia-Bertoni

El modelo de Xia-Bertoni, desarrollado con el objetivo de estudiar la banda de UHF, corresponde a un modelo teórico cuyo uso se centra en ambientes urbanos y suburbanos [Xia92]. Este opera utilizando un esquema de ciudad, el que requiere información general del escenario real en estudio. El modelo utilizado en este documento corresponde a la versión desarrollada por Xia [Xia97], la que considera los casos en que la antena emisora se encuentra bajo, sobre o a una altura cercana a los edificios circundantes.

Dada sus características en frecuencia, este modelo podría ser de utilidad para el estudio de TVWS, sin embargo, debe evaluarse su desempeño en condiciones de comunicación V2V.

2.3 COST-Walfisch-Ikegami

Este modelo, presente en el reporte final de la iniciativa COST 231, fusiona los modelos de Walfisch-Bertoni e Ikegami, junto a mediciones realizadas dentro de

la misma iniciativa [Cic93]. Este abarca frecuencias desde los 800 MHz a los 2 GHz y altura de receptores desde uno a cuatro metros. Para el caso de antena emisora, las alturas soportadas son de 4 m a 50 m, lo que permitiría su uso en comunicación V2I. Si bien la utilidad de este modelo es limitada dado su rango de frecuencias, posee un respaldo fuerte, por lo que su utilidad debe ser analizada.

2.4 Longley-Rice (ITM)

El modelo ITS Irregular Terrain Model (ITM) o Longley-Rice, corresponde a un modelo desarrollado por NTIA desde 1968. Este modelo da importancia principalmente al efecto que el terreno pueda tener en la propagación, siendo una de sus características el amplio rango de parámetros para el que puede ser utilizado. Con relación a la frecuencia, este abarca desde 20 MHz a 20 GHz y a distancias que van desde 1 a 2000 kilómetros con antenas que pueden ir desde 0.5 m a 3000 m. Este modelo se encuentra principalmente orientado al estudio de transmisiones a larga distancia, considerando receptores móviles, por lo que su estudio en comunicaciones V2X cobra relevancia [Huf02].

2.5 WINNER+

Desarrollado por la iniciativa CELTIC PLUS, este modelo pretende dar cobertura a un rango de frecuencia entre 450 MHz y 2 GHz, donde los escenarios de interés corresponden a macro-celdas urbanas y suburbanas. Pese a que las alturas estándar indicadas para la estación base son de 25 metros, el modelo tiene un enfoque en antenas receptoras de baja altura, por lo que se considera de utilidad en este estudio [Mei10].

3 Resultados preliminares: Simulación de pérdidas de propagación

Para realizar una comparación entre las distintas pérdidas de propagación predichas se procede a implementar los modelos y simularlos en MATLAB. Pese a que estos podrían ser utilizados tanto en un contexto urbano como suburbano, se decide realizar simulaciones en un escenario urbano, por considerarse un escenario de congestión vehicular más probable. Se indican las pérdidas de 120 dB como un umbral de sensibilidad referencial para el receptor.

Para la realización de la simulación se considera el modelo de ciudad presentado en [Xia92],[Cic93]. Considerando un centro urbano con edificios de en promedio 20 pisos (60 metros). Se realizan simulaciones en tres escenarios, donde adicionalmente a los modelos mencionados se incluyen las pérdidas de espacio libre con fines de comparación.

En primer lugar, se realiza una comparación de modelos en un escenario urbano con estaciones base (denominadas Road Side Units para tecnología DSRC) ubicadas en postes de alumbrado público o semáforos y una frecuencia de 700 MHz, por lo que no se incluye los modelos Hata y COST-Walfisch-Ikegami, respectivamente (ver Fig.1).

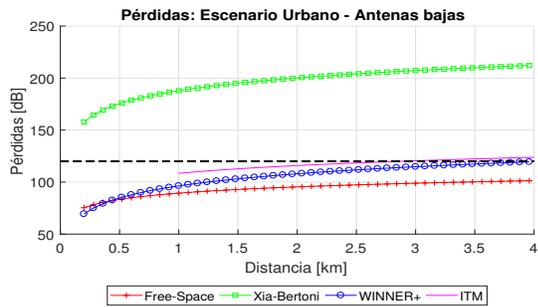


Figura 1: V2I, estación base 9 metros

A continuación, se evalúa el nivel de pérdidas considerando estaciones base a 60 metros de altura, correspondiente a la situación en que estas se instalen en la fachada de edificios descritos anteriormente (ver Fig.2).

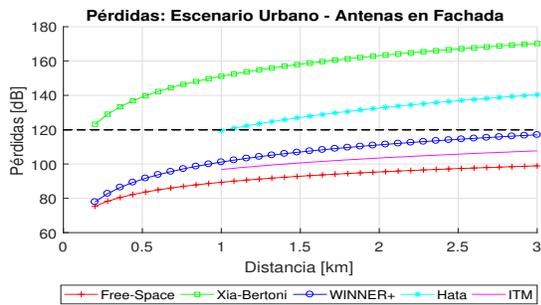


Figura 2: V2I, estación base 60 metros

Finalmente, se evalúan los modelos en un escenario de comunicación V2V, donde tanto para transmisor como receptor se considera una altura de 1.5 m (ver Fig.3).

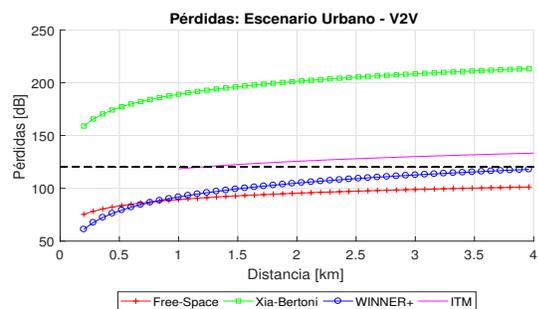


Figura 3: Comparación de pérdidas, V2V urbano

A raíz de los resultados obtenidos, se observan pérdidas similares en los modelos WINNER+, Hata e ITM, mientras Xia-Bertoni presenta un nivel mayor. Por lo anterior, se debe cuestionar tanto su utilidad en este contexto, como la relación de los parámetros utilizados en este modelo con respecto a los otros. En relación con el modelo ITM, es posible observar

que una de las limitaciones en su uso es el comportamiento plano de este, lo que no permitiría un estudio de pequeñas variaciones, si no que de tendencia. Finalmente, la utilidad del modelo WINNER+ en situaciones de antenas bajas debe ser cuestionada.

4 Conclusiones

En el presente trabajo se analizaron y compararon posibles modelos de pérdidas a utilizar en el estudio de comunicaciones vehiculares que usen bandas de frecuencia de manera oportunista en TV White Spaces. A partir de los resultados se observa la utilidad de diferentes modelos dependiendo del escenario evaluado, sin embargo, debe seleccionarse el que mejor represente la propagación real de la onda. Finalmente se observa una diferencia considerable del modelo Xia-Bertoni con respecto a otros, por lo que tanto sus parámetros como utilidad deben ser evaluados en el trabajo futuro.

References

- [Alt11] Onur Altintas et al. "Demonstration of vehicle to vehicle communications over TV white space". In: *Vehicular Technology Conference (VTC Fall), 2011 IEEE*. IEEE. 2011, pp. 1–3.
- [Che15] Jiacheng Chen et al. "Providing vehicular infotainment service using vhf/uhf tv bands via spatial spectrum reuse". In: *IEEE transactions on broadcasting* 61.2 (2015), pp. 279–289.
- [Cic93] Dieter Cichon and Thomas Kürner. "Digital mobile radio towards future generation systems: COST 231 final report". In: *Technical report, COST European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research-Action 231* (1993).
- [Hat80] Masaharu Hata. "Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services". In: *IEEE transactions on Vehicular Technology* 29.3 (1980), pp. 317–325.
- [Huf02] George A Hufford. "The its irregular terrain model, version 1.2. 2 the algorithm". In: *Institute for Telecommunication Sciences, National Telecommunications and Information Administration, US Department of Commerce* (2002).
- [Kar11] Georgios Karagiannis et al. "Vehicular networking: A survey and tutorial on requirements, architectures, challenges, standards and solutions". In: *IEEE communications surveys & tutorials* 13.4 (2011), pp. 584–616.
- [Mei10] Juha Meinila et al. "D5. 3: WINNER+ final channel models". In: *Wireless World Initiative New Radio WINNER* (2010).
- [Phi13] Caleb Phillips, Douglas Sicker, and Dirk Grunwald. "A survey of wireless path loss prediction and coverage mapping methods". In: *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 15.1 (2013), pp. 255–270.
- [Xia92] Howard H Xia and Henry L Bertoni. "Diffraction of cylindrical and plane waves by an array of absorbing half-screens". In: *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 40.2 (1992), pp. 170–177.
- [Xia97] Howard H Xia. "A simplified analytical model for predicting path loss in urban and suburban environments". In: *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 46.4 (1997), pp. 1040–1046.